

Liquefaction of pressurized hydrocarbon-enriched stream

Patent Number: DE19821242
Publication date: 1999-11-18
Inventor(s): WALZ HARTMUT (DE)
Applicant(s): LINDE AG (DE)
Requested Patent: ☒ DE19821242
Application Number: DE19981021242 19980512
Priority Number(s): DE19981021242 19980512
IPC Classification: F25J3/00
EC Classification: F25J1/02
Equivalents: AU4138799, ☐ WO9958917

Abstract

The pressurized stream is divided, forming a first side stream (2) cooled by heat exchange (E1) with a first process stream. It is let down (V1) to medium pressure. The temperature of the second side stream (4) is reduced by a cooling circuit (E2, E3). This stream is let down in a turbine (X1) to medium pressure. Gas fractions arising from the expansions are separated (D1), to be heated by the first side stream (2). Liquid (9) withdrawn from the separator (D1) forms the product. An Independent claim is included for the corresponding plant. Preferred Features: The initial pressure is 60-150 bar. In a similar process, the cooled side stream is expanded to a pressure at which 90%, preferably at least 93%, of the side streams condenses. The first side stream amounts to 20%-40% and the second side stream (4) to 80%-60%, of the input flowrate. The expander (X1) precedes the separator (D2). An expansion valve (V5) precedes the separator (D2). Separated fluid (12') is mixed into the gas fraction from the separator (D1) and/or supplied to the separator (D1). Fluid separated (D2), and supplied to the other separator (D1) is super-cooled before supply to the separator (D1).

Data supplied from the esp@cenet database - I2



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 198 21 242 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
F 25 J 3/00

21 Aktenzeichen: 198 21 242.9
22 Anmeldetag: 12. 5. 98
43 Offenlegungstag: 18. 11. 99

DE 198 21 242 A 1

71 Anmelder:
Linde AG, 65189 Wiesbaden, DE

72 Erfinder:
Walz, Hartmut, Dipl.-Ing., 82515 Wolfratshausen,
DE

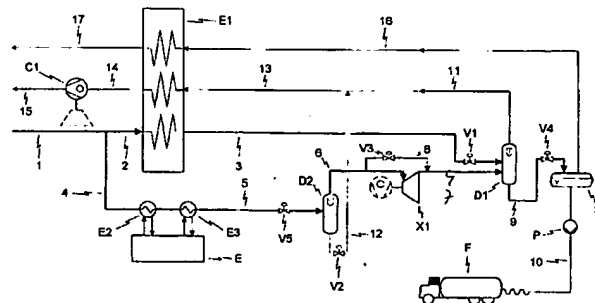
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 197 22 490 C1
DE 196 12 173 C1
DE 195 40 142 C1
DE 44 40 406 C1
DE 197 07 476 A1
DE 44 40 401 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes

51 Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden kohlenwasserstoffreichen Stromes, bei dem
a) der zu verflüssigende kohlenwasserstoffreiche Strom (1) in wenigstens zwei Teilströme aufgeteilt wird,
b) der erste Teilstrom (2) gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozeßstrom abgekühlt (E1) und auf einen mittleren Druck entspannt wird (V1),
c) der zweite Teilstrom (4) gegen wenigstens einen Kältekreislauf abgekühlt (E2; E3) und in wenigstens einer Entspannungs Vorrichtung (X1) auf einen mittleren Druck entspannt wird,
d) die bei der Entspannung (V1, X1) der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen in wenigstens einem Abscheider (D1) abgetrennt und gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom (2) angewärmt werden, und
e) die aus dem Abscheider (D1) abgezogene Flüssigfraktion (9) das Verflüssigungsprodukt darstellt.
Der erste Teilstrom (2) beträgt vorzugsweise zwischen 20 und 40% und der zweite Teilstrom (4) zwischen 80 und 60% der Gesamtmenge des zu verflüssigenden kohlenwasserstoffreichen Stromes (1).
Vorteilhaft wird der abgekühlte (E1, E4) erste Teilstrom (1, 1') auf einen Druck entspannt (V1), bei dem wenigstens 90%, vorzugsweise wenigstens 93% der Teilstrommenge kondensieren.



DE 198 21 242 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes.

Unter dem Begriff "Kohlenwasserstoff-reicher Strom" sei im folgenden insbesondere Erdgas zu verstehen. Eine Vielzahl von Erdgasverflüssigungsprozessen, die der Gewinnung von LNG dienen, arbeitet nach dem sog. Expanderverfahren. Dabei wird der zu verflüssigende Erdgasstrom zunächst – in der Regel mittels eines Adsorptionsprozesses – von Wasser, Schwefelverbindungen sowie Kohlendioxid gereinigt. Die Abtrennung der unerwünschten schweren Kohlenwasserstoffe, bspw. C_{6+} -Kohlenwasserstoffe erfolgt durch partielle Kondensation oder ebenfalls mittels eines Adsorptionsprozesses. Das von unerwünschten Komponenten gereinigte Erdgas wird anschließend gegen anzuwärmende Prozessströme sowie gegen einen Teilstrom des unter hohen Druck stehenden Erdgasstromes, der kälteleistend entspannt wird, abgekühlt und verflüssigt. Das verflüssigte Erdgas wird dann im Regelfall einem (Zwischen)Speicherbehälter zugeführt.

Nachteilig bei dieser Verfahrensweise ist jedoch, daß ein Großteil des Rohgasstromes nur als Kältemedium innerhalb des Verflüssigungsprozesses genutzt und anschließend als Niederdruckgas abgegeben werden muß, wodurch die Ausbeute an LNG eingeschränkt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes anzugeben, das bzw. die eine Steigerung der LNG-Ausbeute bei im wesentlichen unveränderten Investitions- und Betriebskosten ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes zeichnet sich dadurch aus, daß

- a) der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom in wenigstens zwei Teilströme aufgeteilt wird,
- b) der erste Teilstrom gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt und auf einen mittleren Druck entspannt wird,
- c) der zweite Teilstrom gegen wenigstens einen Kältekreislauf abgekühlt und in wenigstens einer Entspannungs Vorrichtung auf einen mittleren Druck entspannt wird,
- d) die bei der Entspannung der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen in wenigstens einem Abscheider abgetrennt und gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom angewärmt werden, und
- e) die aus dem Abscheider abgezogene Flüssigfraktion das Verflüssigungsprodukt darstellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes stellt eine Kombination aus einem sog. Expanderverfahren sowie einem Verflüssigungsverfahren gegen eine herkömmliche Standardkälteanlage, bei der bspw. Propylen, Propan oder Ammoniak als Kältemittel verwendet werden, dar.

Das erfindungsgemäße Verfahren weiterbildend wird vorgeschlagen, daß der Druck des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes zwischen 60 und 150 bar beträgt.

Vorzugsweise wird der erste Teilstrom, nach seiner Abkühlung im Wärmetausch mit anzuwärmenden Prozessströmen auf einen Druck entspannt, bei dem wenigstens 90%, vorzugsweise wenigstens 93% der Teilstrommenge kondensieren.

Ferner beträgt – entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens – der erste Teilstrom zwischen 20 und 40% und der zweite Teilstrom zwischen 80 und 60% der Gesamtmenge des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes.

Es hat sich gezeigt, daß eine derartige Verteilung zu einer optimalen Ausbeute an LNG bzw. C_1 -Kohlenwasserstoffen führt, wobei gleichzeitig die Betriebskosten minimiert werden können.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes weist erfindungsgemäß

- a) einen ersten Wärmetauscher, in dem ein erster Teilstrom des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt wird,
- b) einen zweiten Wärmetauscher, in dem ein zweiter Teilstrom des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen einen Kältekreislauf abgekühlt wird,
- c) jeweils wenigstens eine Entspannungs Vorrichtung pro Teilstrom, mittels derer die Teilströme auf einen mittleren Druck entspannt werden, und
- d) einen Abscheider, in dem die bei der Entspannung der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen abgetrennt werden, auf.

Das erfindungsgemäße Verfahren, die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie weitere Ausgestaltungen des- bzw. derselben seien im folgenden anhand zweier in den Fig. 1 und 2 dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

In den Fig. 1 und 2 sind zwei unterschiedliche Verfahrensweisen zum Verflüssigen eines Erdgasstromes und zur Gewinnung von LNG beschrieben. Der über Leitung 1 herangeführte, zu verflüssigende Erdgasstrom ist bereits von unerwünschten Komponenten, wie Wasser, Kohlendioxid sowie höheren Kohlenwasserstoffen mittels in den Figuren nicht dargestellter Vorbehandlungsschritte befreit.

Der zu verflüssigende Erdgasstrom 1, der bspw. einen Druck von 60 bis 150 bar aufweist, wird in einen ersten Teilstrom 2 und einen zweiten Teilstrom 4 aufgeteilt. Der erste Teilstrom beträgt zwischen 20 und 40% und der zweite Teilstrom zwischen 80 und 60% der Gesamtmenge des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes. Durch die Aufteilung des zu verflüssigenden Erdgasstromes 1 in wenigstens zwei Teilströme 2 und 4 kann die Kälteleistung des Restgases, auf das im folgenden noch näher eingegangen werden wird, besser genutzt werden. Der erste Teilstrom 2 trägt ca. 50 bis 70% der in dem Abscheider D1, auf den ebenfalls noch näher eingegangen werden wird, gebildeten Flüssigkeit bei, während der zweite Teilstrom 4 für die Produktion der restlichen Flüssigkeit in dem Abscheider D1 erforderlich ist.

Der erste Teilstrom wird über Leitung 2 einem Wärmetauscher E1 zugeführt und in diesem gegen anzuwärmende Prozessströme, auf die im folgenden noch näher eingegangen werden wird, abgekühlt. Anschließend wird der erste Teilstrom über Leitung 2 einem Entspannungsventil V1 zugeführt, in diesem entspannt und als Zwei-Phasen-Strom dem Abscheider D1 zugeführt. Vorzugsweise wird der erste Teilstrom in dem Entspannungsventil V1 auf einen Druck entspannt, bei dem wenigstens 90%, vorzugsweise wenigstens 93% seiner Menge kondensieren.

Der zweite Teilstrom wird über Leitung 4 zwei hintereinander angeordneten Wärmetauscher E2 und E3 zugeführt. Die Wärmetauscher E2 und E3 werden von einem Kältemittel, beispielsweise Propylen, Propan oder Ammoniak, das in

einer Standardkälteanlage – dargestellt als Blackbox E – abgekühlt wird, durchströmt. Prinzipiell kann anstelle zweier Wärmetauscher auch lediglich ein Wärmetauscher vorgesehen sein.

Der in den Wärmetauschern E2 und E3 abgekühlte zweite Teilstrom wird über Leitung 5 einem Abscheider D2 zugeführt. Prinzipiell kann auf den Abscheider D2 verzichtet werden; er ist lediglich aus sicherheitstechnischen Überlegungen sinnvoll, da er bei einem Ausfall der Vorbehandlungsstufe, die der Abtrennung der unerwünschten schweren Kohlenwasserstoffe dient, der Abtrennung der bei der Abkühlung in den Wärmetauschern E2 und E3 möglicherweise anfallenden, flüssigen, schweren Kohlenwasserstoffe dient. Würden diese flüssigen, schweren Kohlenwasserstoffe vor der Entspannungsturbine X1 nicht abgetrennt, könnte dies zu Beschädigungen und/oder Störungen an der Entspannungsturbine X1 führen.

Entsprechend einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann dem Abscheider D2 zudem eine Entspannungs- vorrichtung, vorzugsweise ein Entspannungsventil V5 oder ein Expander, vorgeschaltet sein. Diese Ausgestaltung der Erfindung macht insbesondere bei vergleichsweise hohen Drücken Sinn.

Am Kopf des Abscheiders D2 wird über Leitung 6 eine gasförmige Fraktion entnommen und einer Entspannungs- vorrichtung, bei der es sich vorzugsweise um eine Entspannungs- turbine X1 handelt, zugeführt. Um die Entspannungs- turbine X1 bei einem Ausfall überbrücken zu können, ist eine Bypass-Leitung 8, in der ein Entspannungsventil V3 angeordnet ist, vorgesehen. Die in der Entspannungs- vorrichtung arbeitsleistend entspannte Fraktion wird anschlie- ßend über Leitung 7 ebenfalls dem Abscheider D1 zuge- führt.

Aus dem Sumpf des Abscheiders D2 kann über Leitung 12, in der ein Entspannungsventil V2 angeordnet ist, eine Flüssigfraktion abgezogen und der aus dem Abscheider D1 über Leitung 11 abgezogenen Gasfraktionen, auf die im fol- genden noch näher eingegangen werden wird, zugemischt werden.

Die in dem Abscheider D1 anfallende Flüssigfraktion, die das LNG-Produkt darstellt, wird über Leitung 9 aus dem Abscheider D1 abgezogen und über Entspannungsventil V4 in einen Speicherbehälter S entspannt. Aus diesem kann das verflüssigte Erdgas bspw. über Leitung 10 mittels einer Pumpe P in ein LNG-Transport-Fahrzeug F umgepumpt werden.

Das am Kopf des Abscheiders D1 über Leitung 11 abge- zogene sog. Mitteldruckgas, dem die über Leitung 12 aus dem Sumpf des Abscheiders D2 abgezogene und im Ent- spannungsventil V2 entspannte Fraktion zugemischt wird, wird nach erfolgter Zumischung über Leitung 13 dem Wär- metauscher E1 zugeführt und in diesem gegen den abzuküh- lenden ersten Teilstrom in Leitung 2 angewärmt. Das im Wärmetauscher E1 erwärmte Mitteldruckgas wird anschlie- ßend über Leitung 14 einem Gebläse C1 zugeführt und nach erfolgter Druckerhöhung über Leitung 15 aus der Anlage als Mitteldruckgas abgegeben. Vor der Abgabe des Mittel- druckgases kann dieses als Regeneriergas für die bei den in den Fig. 1 und 2 nicht dargestellten Vorbehandlungsschrit- ten erforderlichen Adsorbent verwendet werden. Das Ge- bläse C1 kann bspw. durch den Expander X1 angetrieben werden.

Im Speicherbehälter S anfallendes Niederdruckgas wird aus diesem über Leitung 16 abgezogen und ebenfalls dem Wärmetauscher E1 zugeführt. Nach erfolgter Anwärmung im Wärmetauscher E1 gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom kann das Niederdruckgas über Leitung 17 an ein städtisches Gasnetz abgegeben werden.

Die in der Fig. 2 dargestellte Verfahrensweise bzw. Vor- richtung unterscheidet sich von derjenigen der Fig. 1 da- durch, daß die Entspannung des zweiten Teilstromes mittels zweier Entspannungs- vorrichtungen, die vorzugsweise als Expander X1 und X2 ausgebildet sind, erfolgt. Der in dem Expander X2 entspannte zweite Teilstrom wird bei dieser Prozeßführung über Leitung 5' dem Abscheider D2 zuge- führt. Die aus dem Sumpf des Abscheiders D2 über Leitung 12' entnommene Flüssigfraktion wird in einem zusätzlichen Wärmetauscher E4 unterkühlt und anschließend über Lei- tung 12", in der ein Entspannungsventil V2' angeordnet ist, ebenfalls dem Abscheider D1 zugeführt.

Der am Kopf des Abscheiders D1 über Leitung 11 abge- zogene Mitteldruckgasstrom sowie der aus dem Speicherbe- hälter S über Leitung 16 abgezogene Niederdruckgasstrom werden ebenfalls dem Wärmetauscher E4 zugeführt und in diesem gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom in Lei- tung 3 sowie den zu unterkühlenden Strom in Leitung 12' angewärmt. Die Druckerhöhung des aus dem Wärmetau- scher E1 über Leitung 14 abgezogenen Mitteldruckgasstro- mes erfolgt nunmehr mittels zweier Gebläse C1 und C2, die bspw. durch die Expander X1 und X2 angetrieben werden können.

Eine Prozeßführung gemäß der Fig. 2 eignet sich insbe- sondere für Rohgase mit vergleichsweise hohen Rohgas- drücken und großen Rohgasmengen, während die in der Fig. 1 dargestellte Prozeßführung bei hohen Rohgasdrücken und kleineren Rohgasmengen vorteilhaft ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsge- mäße Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck ste- henden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes ermöglichen eine deutliche Steigerung der LNG-Ausbeute, wobei die In- vestitions- und Betriebskosten im wesentlichen unverändert bleiben. Die im Abscheider D1 anfallende Flüssigkeits- menge kann gegenüber einem herkömmlichen Expander- verfahren im wesentlichen verdoppelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck ste- henden Kohlenwasserstoffreichen Stromes, bei dem
 - a) der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-rei- che Strom (1) in wenigstens zwei Teilstrome auf- geteilt wird,
 - b) der erste Teilstrom (2) gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt (E1) und auf einen mittleren Druck entspannt wird (V1),
 - c) der zweite Teilstrom (4) gegen wenigstens ei- nen Kältekreislauf abgekühlt (E2, E3) und in we- nigstens einer Entspannungs- vorrichtung (X1) auf einen mittleren Druck entspannt wird,
 - d) die bei der Entspannung (V1, X1) der beiden Teilstrome entstehenden Gasfraktionen in wenig- stens einem Abscheider (D1) abgetrennt und ge- gen den abzukühlenden ersten Teilstrom (2) ange- wärmt werden, und
 - e) die aus dem Abscheider (D1) abgezogene Flüssigfraktion (9) das Verflüssigungsprodukt darstellt.
2. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck ste- henden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach An- spruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1) zwischen 60 und 150 bar beträgt.
3. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck ste- henden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach An- spruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der ab- gekühlte (E1, E4) erste Teilstrom (1, 1') auf einen

Druck entspannt wird (V1), bei dem wenigstens 90%, vorzugsweise wenigstens 93% der Teilstrommenge kondensieren.

4. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Teilstrom (2) zwischen 20 und 40% und der zweite Teilstrom (4) zwischen 80 und 60% der Gesamtmenge des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes (1) beträgt.

5. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsvorrichtung (X1) wenigstens ein Abscheider (D2) vorgeschaltet ist.

6. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß dem Abscheider (D2) eine Entspannungsvorrichtung (V5) vorgeschaltet ist.

7. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die im Abscheider (D2) abgetrennte Flüssigfraktion (12, 12') der aus dem Abscheider (D1) abgezogenen Gasfraktion (11) beigemischt und/oder dem Abscheider (D1) zugeführt wird (12").

8. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die im Abscheider (D2) abgetrennte Flüssigfraktion (12), die dem Abscheider (D1) zugeführt wird (12"), vor der Zuführung in den Abscheider (D1) unterkühlt wird (E4).

9. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aus dem Abscheider (D1) abgezogene Flüssigfraktion (9) entspannt (V4) und einem Speicherbehälter (S) zugeführt wird.

10. Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes, aufweisend

a) einen ersten Wärmetauscher (E1), in dem ein erster Teilstrom (2) des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes (1) gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt wird,

b) einen zweiten Wärmetauscher (E2, E3), in dem ein zweiter Teilstrom (2) des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes (1) gegen einen Kältekreislauf abgekühlt wird,

c) jeweils wenigstens eine Entspannungsvorrichtung (V1, X1) pro Teilstrom (3, 5, 6), mittels derer die Teilströme auf einen mittleren Druck entspannt werden, und

d) einen Abscheider (D1), in dem die bei der Entspannung (V1, X1) der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen abgetrennt werden.

11. Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Wärmetauscher (E2, E3) und der Entspannungsvorrichtung (X1) wenigstens ein Abscheider (D2) angeordnet ist.

12. Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Wärmetauscher (E2, E3) und dem Ab-

scheider (D2) wenigstens eine Entspannungsvorrichtung (V5) angeordnet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

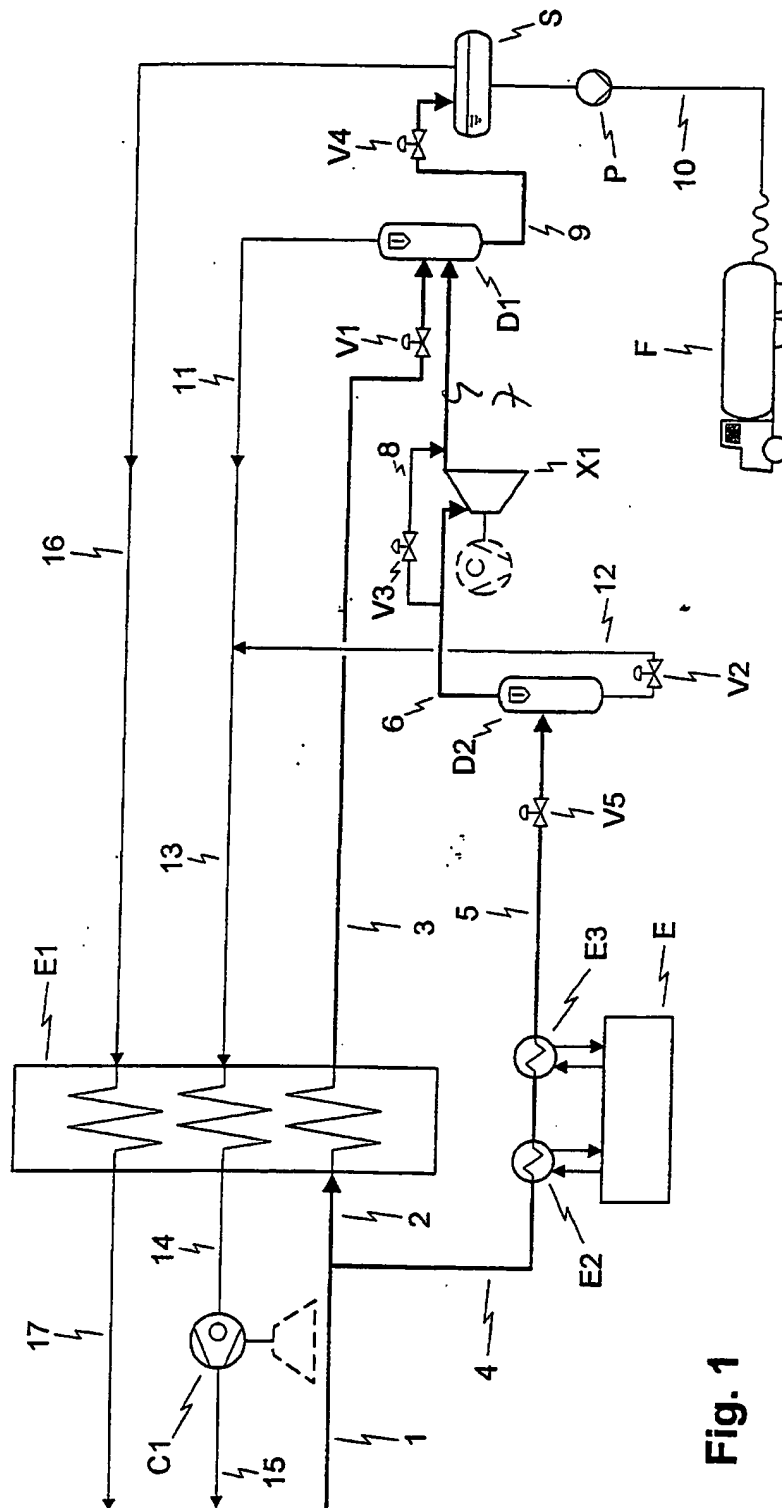


Fig. 1

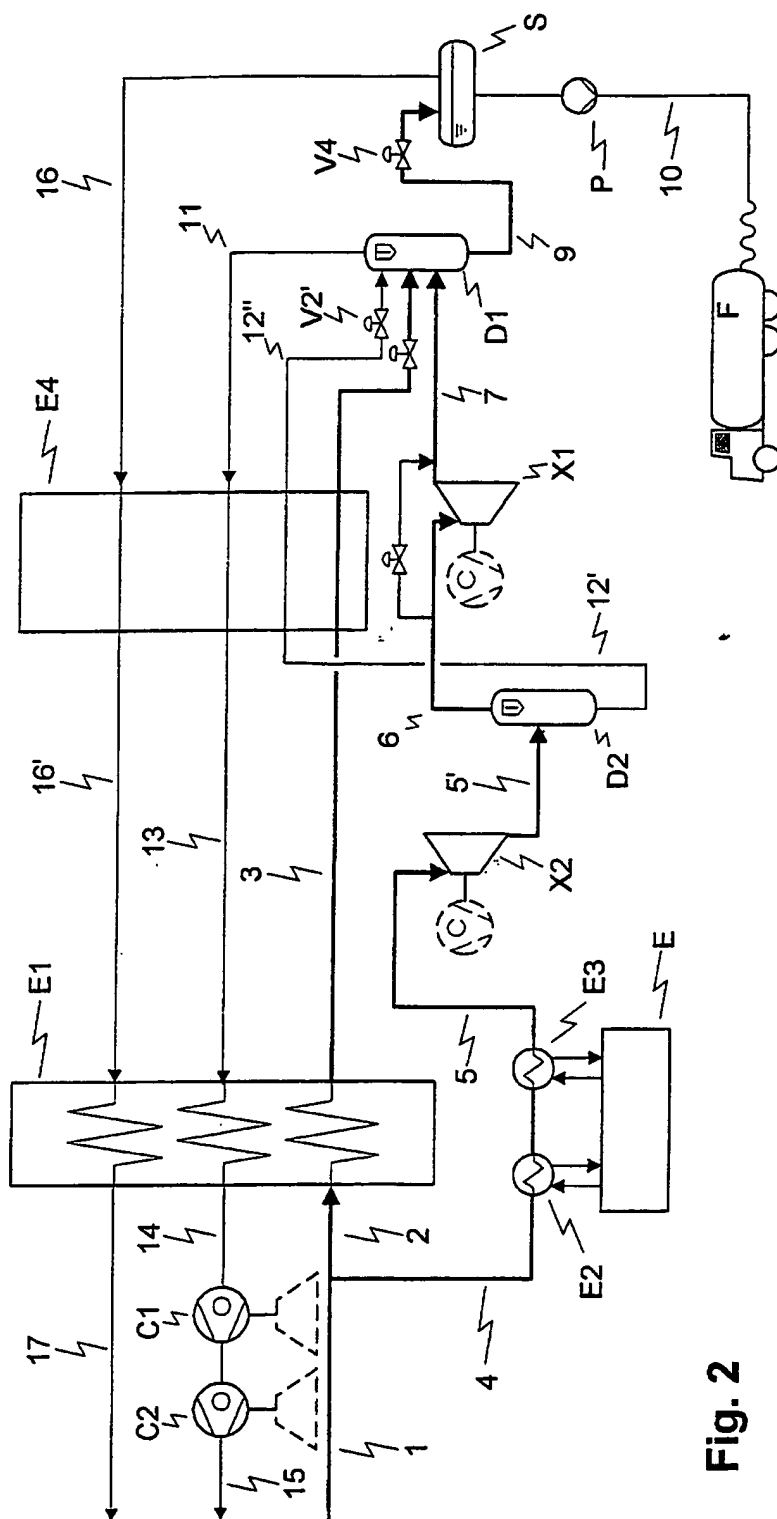


Fig. 2